

## 【補助事業概要の広報資料】

補助事業番号 26-137  
補助事業名 平成26年度 能動型蛍光X線分光計の開発 補助事業  
補助事業者名 早稲田大学長谷部研究室 長岡央

### 1 研究の概要

将来の惑星着陸探査に向けて蛍光X線分光計は放射性同位体を用いることなく、焦電結晶型X線発生装置と、X線計測器として高エネルギー分解能なシリコンドリフト検出器(SDD)を合わせた能動型蛍光X線分光計の開発を目指す。

### 2 研究の目的と背景

放射線を用いた元素分析では、測定対象である岩石試料、励起源となるX線発生装置、試料からのX線を測定する検出器、それぞれの幾何的配置を最適化し、もっとも効率よく放射線を観測できるようなシステムの構築を図る必要がある。本研究では、SDDの性能試験を兼ねつつ、試料と発生器、検出器の距離や角度など幾何的配置を変えながら系統的なX線発生試験を行い、基礎データを集め最適なX線分光システム構築を目指す。

### 3 研究内容

#### 「能動型蛍光X線分光計の開発」

大気のない惑星表面では、大小様々な隕石が惑星表層にふりそそぐことで、表層にある岩石は粉々に破碎され、非常に細かい砂(ソイル)が月面を覆っている。X線はその透過力がガンマ線と比較して弱く、測定試料の表面状態(粗さ)がX線の減衰率に大きく寄与する。月表層での蛍光X線分光では、このことが大きな誤差の要因となり得る。

本研究の一部では焦電結晶型X線発生器(Cool-X; Amptek社製)を用いて、月土壌を模擬した砂試料(清水建設作成)に対し、蛍光X線分光を行った。表面状態の異なる試料(圧縮試料、表面を軽く均した試料、未圧縮かつ均しなし試料の三種類; 下図の写真参照)を用いて、蛍光X線分析を行い発生X線の強度比を調査した。

結果、表面を軽く均す程度であれば、非圧縮の試料と得られるX線強度の比(下図のグラフ縦軸)はほぼ変わらないことが分かった。月面の土壌で蛍光X線分光を行う際に表面を軽く平らにならす機構を備え付けることで、よりよい精度の蛍光X線分析が可能となる。



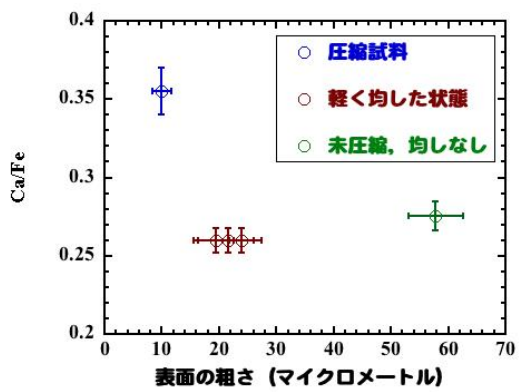
左図：圧縮試料



左図：表面を軽く均した砂試料



左図：未圧縮，均しなし



左図：表面粗さの違いによるX線強度比 (Ca/Fe) の比較

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

高圧電源や放射性物質を使用せず、小型軽量かつ省電力を達成可能な高精度蛍光X線分光計の開発は、宇宙開発分野のみならず、様々な分野への応用が期待される。小型軽量で携帯可能なポータブル蛍光X線分光計の開発が進み、安価で量産・販売が可能となれば、実社会においても、地質系や生物系のフィールドワーク時に容易に携帯可能となる。回収が困難な試料をその場で元素分析できるという強みは、非常に心強い。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

申請者は、学生時から地球外試料の元素分析を主要テーマとして研究を続けてきた。特に月試料についてX線分析を行い、そのデータをもとに月試料の形成過程について明らかにしてきた。一方で月周回衛星「かぐや」が取得した元素情報の解析も行っている。かぐや成功後、次のステップとして月を含む重力天体への着陸探査の計画が急速に進行している中で、着陸時に高精度で周辺の元素組成を分析可能な装置の開発が求められている。申請者はそのような背景の中、実際の月試料を分析してきた経験を活かし、将来の月惑星探査に備え、元素分析装置の開発を進めている。

#### 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

発表論文（査読有）

H. Nagaoka, N. Hasebe, H. Kusano, Y. Amano, E. Shibamura, T. Ohta, T.J. Fagan, M. Naito, H. Kuno, J.A. Matias Lopes “Instrumental overview of an active X-ray spectrometer” Proceedings of JPS (in press)

## 7 補助事業に係る成果物

### (1) 補助事業により作成したもの

「能動型蛍光X線分光計の開発補助事業」報告書 100部

### 能動型蛍光X線分光計の 開発補助事業

早稲田大学 先進理工学部 物理学科  
長岡 央

RINGIRING!  
プロジェクト  
推進の補助事業

RINGIRING!  
プロジェクト  
推進の補助事業

問い合わせ先  
早稲田大学 先進理工学部 物理学科  
長岡 央  
〒162-8601 東京都豊島区東池袋 2-1-1  
早稲田大学 先進理工学部 物理学科  
〒162-8601 東京都豊島区東池袋 2-1-1  
TEL: 03-5382-3111 FAX: 03-5382-3112  
E-MAIL: o-naga@rs.tus.ac.jp

#### 研究背景と目的

地球を始めとする天体表面やその衛星がどのようなように形成されたのか、その過程についてはまだ詳しくわかっていないことも多い。天体の元素組成に関する情報は、これら天体の起源や進化を明らかにする上で不可欠である。1990年代、米国から始まった惑星探査の動きは、現在世界各国で勢力的に進められ、最近では米国の火星探査探査、中国の月探査探査がそれぞれ惑星表面への探査に成功し多くの科学的成果を報告している。

2007年から2009年までの月の全球探査を行った日本の衛星「かぐや」により、多くの新しい発見がもたらされた。これに続く次期月探査探査では月面探査上からの観測に加えて、惑星表面への探査、探査車での高精度の探査探査が期待される。本研究では探査機に搭載可能な元素分析装置として、能動型蛍光X線分光計の開発・改良を目的としている。

#### 能動型蛍光X線分光計の概要

我々が開発する能動型蛍光X線分光計 (Active X-ray Spectrometer: AXS) は、無電磁石を用いた能動型のX線発生器、エネルギー分解能に劣るシリコンドリフト検出器 (SDD)、とそれらの回路により構成される。無電磁石の表面ではその温度変化により分極電荷が生まれ、高電圧発生源となる。この無電磁石の特性を応用して、小型軽量かつ高電力のX線発生器が開発可能である。

従来の探査機において、AXSには限られたリソースと観測時間の中で、より多くの元素情報を高精度で取得する能力が強く要求される。

#### 月工機探査機搭載用いた能動型X線分光計

大気のない惑星表面では、大小様々な岩石が惑星表面にふりそそぐことで、表面にある岩石は粉々に粉砕される。米国のアポロ計画で回収された月表面物質も非常に細かい粉 (ソイル) である。X線はその透過力がソイル層と比較して弱い。測定する試料の表面状態により測定精度の影響を受けてしまい、これが月表面でのX線分光計において大きな問題の原因となり得る。

本研究の一環では無電磁石型X線発生器 (Cool-X; Amplek社製) を用いて、月土壌を模擬した粉砕試料 (濃水硫酸作製) に対し能動型X線分光計を行い、表面状態の違いによる発生X線の強度比を調査した。

図1: 実験装置のイメージ図 (左) と 実験装置 (右)

#### 結果

以下に実験結果の一例を示す。

図2: 試料 (濃硫酸で粉砕した月土)

図3: 濃硫酸で粉砕した月土のX線分光計によるX線分光計の出力

表面を軽く叩く程度であれば、測定用の試料と粉砕されるX線強度の比 (左図の縦軸) は大きく変わらない。月面の土壌で能動型X線分光計を行う際に表面を軽く叩くならならず観測を繰り返すことで、よりよい観測の能動型X線分光計が可能となる。

図4: 濃硫酸で粉砕した月土のX線分光計によるX線分光計の出力

(2)(1) 以外で当事業において作成したもの  
なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 早稲田大学 理工学術院総合研究所 長谷部研究室（ワセダイガク  
リコウガクジュツイン ソウゴウケンキュウジョ）

住 所： 〒169-8555

東京都新宿区大久保3-4-1 早稲田大学西早稲田キャンパス

申 請 者： 長岡 央（ナガオカ ヒロシ） 役職：次席研究員

担 当 部 署： 研究総合支援課 五十嵐 基子（ケンキュウソウゴウシエンカ イ  
ガラシ モトコ）

E-mail： motoko24@waseda.jp

URL： <http://www.hasebe-lab.wise.sci.waseda.ac.jp/html/>